



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: 195 46 784.1
㉔ Anmeldetag: 14. 12. 95
㉕ Offenlegungstag: 19. 6. 97

DE 195 46 784 A 1

㉑ Anmelder:
EMS-Inventa AG, Zürich, CH

㉒ Vertreter:
Ackmann und Kollegen, 80469 München

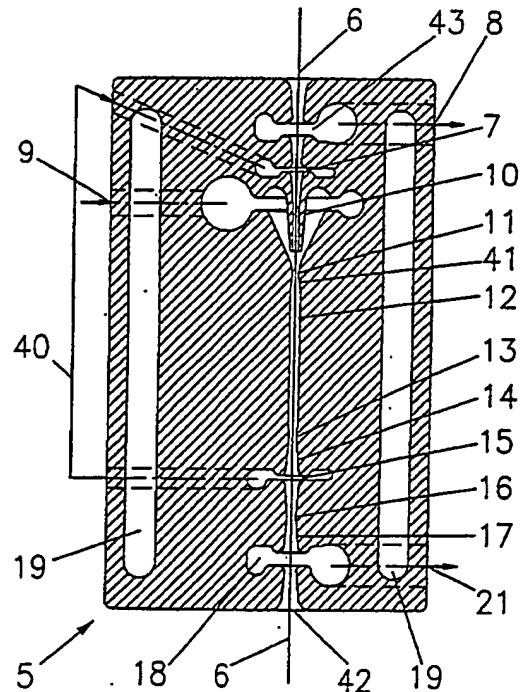
㉓ Erfinder:
Goossens, Gunter, Dipl.-Ing. FHS, Trin, CH; Motz,
Karl, Dipl.-Masch.-Ing. HTL, Domat, Ems, CH

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 26 43 787 A1
US 51 71 504
US 50 19 316
US 45 39 170
US 45 08 674
US 44 56 575
US 43 49 501
US 42 51 481
EP 04 68 918 A1
EP 03 84 886 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zur relaxierenden Wärmebehandlung von Filamentgarnen aus synthetischen Polymeren

⑤⑦ Es wird eine kompakte Vorrichtung für die relaxierende Wärmebehandlung von Filamentgarnen aus synthetischen Polymeren mit kondensierendem Wasserdampf vorgeschlagen, die im wesentlichen aus einer Vorschaltdüse (7), einer Injektordüse (10) als Eintritt in einen Behandlungskanal (12), welcher mindestens zwei Engstellen (11), (13) aufweist, und einer Nachschaltkammer (18) besteht, beheizt ist und keine eintritts- und austrittsseitigen Abdichtungen benötigt, die den Dampfverlust vermeiden sollen und die in ein an sich bekanntes Schnellspinnverfahren integriert werden kann.



DE 195 46 784 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur relaxierenden Wärmebehandlung von Filamentgarnen aus synthetischen Polymeren.

Sie betrifft im speziellen eine Vorrichtung für die Wärmebehandlung von Filamentgarnen aus Polyamid 6, Polyamid 66 oder Polyethylenterephthalat, die in ein Herstellverfahren für Filamentgarne mit hohen Ablaufgeschwindigkeiten integriert ist.

Zum Erzeugen hoher Festigkeitswerte müssen schmelzgesponnene Filamentgarne in Abhängigkeit von Spinn- und Aufwickelgeschwindigkeit bis zu Produktionsgeschwindigkeiten von etwa 100 m/s nach dem Erstarren verstreckt werden. Zusätzlich ist in der Regel eine Wärmebehandlung der bereits erstarrten Elementarfäden während des Verstreckens oder danach unerlässlich, damit die beabsichtigte Beeinflussung der Orientierung oberhalb der Umwandlungstemperatur 2. Ordnung des fadenbildenden Polymers erfolgen kann und die Filamente relaxiert werden. Die Relaxationsbehandlung kann und muß verhindern, daß die Filamentgarne später, zum Beispiel auf der Aufwickelmaschine unter, Verhärtung oder Lockerung der Wicklung, relaxieren.

Für das relaxierungsfreie Verhalten der Filamentgarne hat es sich als wesentlich erwiesen, daß eine solche thermische Behandlung weitgehend spannungsfrei erfolgt, damit die Elementarfäden möglichst gleichmäßig und ungehindert von Zugkräften schrumpfen können.

Ein weiteres Problem der Filamentgarnherstellung in Hochgeschwindigkeitsprozessen ist das Überwinden der Garnreibung an der umgebenden Luft, aus der, wenn sie nur durch das Aufwickeln überwunden werden muß, eine Spannung resultiert, die zu zu festem und sich daher verformenden Spulenaufbau führt.

Da die Reibungskräfte zwischen Garn und umgebender Luft mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachsen, Verkürzungen der Garnlaufstrecken aber nur linear einwirken, bringen konstruktive Maßnahmen, die zu sogenannten Kompaktanlagen führen, nur begrenzte Vorteile. Zur Reibung an der Luft addieren sich die Reibungskräfte an Faden-Leitorganen und an konventionellen Wärmebehandlungsstrecken, sofern diese nicht alle Zugkräfte aufnehmen.

Bei den heute angewendeten hohen Ablaufgeschwindigkeiten in der Filamentgarnherstellung aus vollsynthetischen Polymeren ist das gleichmäßige Durchwärmen und Erhitzen aller Elementarfäden des Filamentgarns innerhalb der sehr kurzen Verweilzeiten im Bereich von weniger als 1 msec auf die Prozeßtemperatur, die beispielsweise bis zu 190°C betragen kann, technisch nicht ohne Probleme zu lösen.

Der Stand der Technik ist für die Erwärmung schnelllaufender Filamentgarne durch die folgenden unterschiedlichen Vorrichtungen gekennzeichnet:

— die direkte Berührung mit heißen Flächen, zum Beispiel beheizten Galetten, in US-PS 4,508,674, US-PS 4,251,481 und US-PS 4,349,501.

Dabei ist eine mehrfache Umschlingung schnellrotierender beheizter Walzen erforderlich, die jedoch nur eine einseitige Wärmezufuhr an den zufälligen Auflageflächen der Elementarfäden-Bündel und damit keine gleichmäßige Durchwärmung aller Elementarfäden eines Filamentgarnes gewährleistet,

— das Ziehen durch heiße Flüssigkeiten in EP-

Dafür ist eine Wärmeträgerflüssigkeit mit Siedepunkt über der Prozeßtemperatur erforderlich, welche, weil sie auf den Oberflächen der Garne haften bleibt, entfernt werden muß, in jedem Fall die Umwelt und das Bedienungspersonal belastet und außerdem teuer ist. Darüber hinaus müssen zur Überwindung der Flüssigkeitsreibung beträchtliche Zugkräfte aufgewendet werden, die in die Fadenspannung eingehen.

— das Behandeln mit kondensierendem Wasserdampf in DE 26 43 787, US-PS 5,019,316 und US-PS 4,456,575.

Dies erfordert für Temperaturen oberhalb der Siedepunkte bei Umgebungsdruck, den Einschluß des Dampfes unter Überdruck, in einer Behandlungsvorrichtung, durch die auch das Filamentgarn geführt werden muß, um es in dichten Kontakt mit dem kondensierenden Dampf zu bringen und das Behandeln mit überhitztem Wasserdampf, z. B. nach DE 26 43 787, US-PS 5,019,316, US-PS 4,539,170, US-PS 4,349,501, US-PS 4,508,674 und US-PS 4,456,575 läßt die Nutzung der erheblichen Kondensationswärme nicht zu.

Solche Vorrichtungen, welche lediglich heiße Gase anwenden, gewährleisten keine effiziente gleichmäßige Durchwärmung jedes einzelnen Elementarfadens, oder erfordern wegen der geringen erzielbaren Wärmeübergangswerte vom Gas auf das Garn, sehr große Baulängen von beispielsweise 2m wie in US-PS 4,539,170 geöffnet.

Vorrichtungen, in denen gesättigter Wasserdampf in offenen Systemen mit dem Filamentgarn in direkte Berührung gebracht wird, können nur bei Umgebungsdruck arbeiten, weshalb Temperaturen oberhalb 100°C nicht erreicht werden können. Unter "offenen" Systemen sind Behandlungstrecken zu verstehen, zu deren Passage das Filamentgarn keinerlei Abdichtungs-Vorrichtungen durchlaufen muß, die Dampfverlust verhindern.

— Nicht kondensierbare Gase, wie zum Beispiel vom Filamentgarn mitgerissene Luft, behindern den Kondensationsprozeß erheblich. Der ausgezeichnete Wärmeübergangswert von kondensierendem Wasserdampf ist nur in einer Dampfatmosfera gewährleistet, die keine inerten Gase enthält.

— Um die Kondensationswärme des Wasserdampfes bei hoher Temperatur, beispielsweise bei 150°C, nutzen zu können, muß der Dampf unter entsprechendem Sättigungsdruck von z. B. 4,74 bar (abs.) bei 150°C mit dem Filamentgarn in direkte Berührung gebracht werden, bei gleichzeitigem Anschluß nichtkondensierbarer Gase. Die dazu erforderlichen Abdichtungen am Ein- und am Austritt des Filamentgarnes die größere Dampfverluste vermeiden, übertragen auf das Filamentgarn mechanische, hydraulische oder aerodynamische Reibungskräfte, die durch erhöhte Fadenspannung überwunden werden muß.

— Das Filamentgarn muß unter Reibungsverlust am Dampf durch die unter Überdruck stehende Behandlungsvorrichtung gezogen werden. Außerdem muß der Drucksprung von der Kammerumgebung in deren Inneres überwunden werden. Die erforderliche Zugspannung beeinflusst den Spulen-

aufbau nachteilig und muß durch zusätzliche kostenintensive Maßnahmen ausgeglichen werden.

Ansätze zur Lösung dieser Probleme sind nach dem Stand der Technik nicht bekannt:

Der vorliegenden Erfindung lag somit die Aufgabe zugrunde, die genannten technischen Probleme der Relaxation und der reibungsbedingten Restspannung beim Aufwickeln speziell für Filamentgarne, bei denen eine thermische Nachbehandlung der nach dem Schmelzspinnen bereits erstarrten Elementarfäden notwendig ist, zu lösen und die Nachteile des Standes der Technik mit einfachen Mitteln in einer kompakten Vorrichtung zu überwinden.

Die Aufgabe wird durch die Vorrichtung zur relaxierenden Wärmebehandlung von Filamentgarne aus synthetischen Polymeren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1, und die Verwendung dieser Vorrichtung zur Herstellung von Filamentgarne gemäß Anspruch 11 gelöst.

Sie wird insbesondere gelöst durch eine in ein an sich bekanntes einstufiges Spinnverfahren für Filamentgarn aus PA6, PA66 oder PET integrierte Wärme-Behandlungskammer, in welcher der die Relaxierung bewirkende Prozeß-Wasserdampf unter Druck in direktem Kontakt mit den Elementarfäden strömt und dabei einen Teil seines Impulses durch die Injektorwirkung auf das Filamentgarn überträgt und dadurch die zur Überwindung der Reibung an Luft und Vorrichtungen entstehende Zugspannung im Filamentgarn abbaut, so daß die im Filamentgarn herrschende Restspannung auf weniger als 0,15 cN/dtex, beispielsweise 0,06 cN/dtex, reduziert und das Filamentgarn selbst auf Temperaturen aufgeheizt wird, die über der Umwandlungstemperatur 2. Ordnung des fadenbildenden Polymers und bevorzugt zwischen 105 und 190°C liegen. Die vom Filamentgarn mitgerissene Luft wird vor Eintritt des Filamentgarnes in die Behandlungsvorrichtung durch Anblasen mit Dampf abgelenkt und dadurch vom Garn entfernt, so daß kein nichtkondensierendes Gas in den Behandlungsprozeß eintritt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird anhand folgender Figuren erläutert:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung für ein einstufiges Spinnverfahren mit integrierter erfindungsgemäßer Wärmebehandlungs-Vorrichtung;

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung für ein einstufiges Spinnverfahren mit integrierter erfindungsgemäßer Wärmebehandlungs-Vorrichtung;

Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung für ein einstufiges Spinnverfahren mit integrierter erfindungsgemäßer Wärmebehandlungs-Vorrichtung;

Fig. 4 Schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Wärmebehandlungs-Vorrichtung;

Fig. 5 Ausschnitt aus dem h-s-Diagramm des Wasserdampfes, ergänzt durch einige Graphen zur Erläuterung der in der Vorrichtung erzeugten thermodynamischen Vorgänge.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Vorrichtung für ein einstufiges Spinnverfahren zur Herstellung synthetischer Filamentgarne nach dem Stand der Technik ab Spinnkopf (1) mit einer erfindungsgemäßen Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) zur Wärmebehandlung zwischen Verstreckungs- und Aufwickel-Einheit.

Die Elementarfäden des Filamentgarnes (6) werden unterhalb des Spinnkopfes (1) in einer Kühlvorrichtung (2) mit Queranblasung zum Erstarren gebracht und auf eine Temperatur unterhalb 100°C abgekühlt. Anschlie-

ßend erfolgt eine Verstreckung durch beheizte oder unbeheizte, mehrfach umschlungene Galetten (3), bevor das Filamentgarn durch einen Wickler (4) auf Spulen gelegt wird.

Fig. 2 zeigt eine ähnliche Vorrichtung ohne Verstreckung mit der integrierten erfindungsgemäßen Vorrichtung in gleicher Weise dargestellt, wie in Fig. 1.

Fig. 3 zeigt in vergleichbarer Darstellung eine Spinnvorrichtung mit offen umschlungenen Galetten (20) und der integrierten erfindungsgemäßen Vorrichtung (5) zur Wärmebehandlung.

Fig. 4 zeigt eine schematisch dargestellte erfindungsgemäße Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5). Diese Vorrichtung kann beispielsweise als rotationssymmetrische Anordnung um die Achse des Filamentgarns (6) oder als asymmetrische Anordnung mit bevorzugt rechteckigem Querschnitt verstanden werden.

Das Filamentgarn (6) passiert in seiner Laufrichtung von oben nach unten zunächst eine Vorschaltdüse (7), in der durch Anblasung mit Dampf die den Faden umgebende und von diesem mitgerissene Luft-Grenzschicht von den Elementarfäden des Filamentgarns (6) weggeblasen und durch eine aus Dampf bestehende Grenzschicht ersetzt wird.

Die Vorschaltdüse (7) kann als eine mit Dampf betriebene Verwirbelungsdüse gestaltet sein, die den Faden-schluß herbeiführt. In einer bevorzugten Ausführungsform erzeugt die Vorschaltdüse (7) eine Geschwindigkeitskomponente entgegen der Fadenlaufrichtung.

Der überschüssige Dampf sowie die weggeblasene Luft werden in einer Vorschaltkammer (43) gesammelt und über den Ausgang (8) abgesaugt. Der vorkonditionierte Prozeß-Wasserdampf wird über den Eintritt (9) eingeleitet und durch eine Injektordüse (10) und die nachgeschaltete erste Engstelle (11), deren nachfolgende Erweiterung (41) als Expansionsdüse nach Laval ausgeführt ist, in den Behandlungskanal (12) eingeführt. In der Expansionsdüse (41) beschleunigt sich der Dampf auf Überschallgeschwindigkeit. Nach der Expansionsdüse (41) stellt sich unter den im Prozeß eingehaltenen Voraussetzungen nach K. Oswatitsch, Grundlagen der Gasdynamik, 1976, Springer, ein stabiler Verdichtungsstoß ein, der den Dampf vor der zweiten Engstelle (13) auf Unterschallgeschwindigkeit und in der zweiten Engstelle (13) gerade wieder auf Schallgeschwindigkeit führt.

Nach dem Passieren der zweiten Engstelle (13) wird der nicht kondensierte Überschuß an Wasserdampf in einer zweiten Expansionsdüse (14) auf etwa 2 bis 4 bar entspannt, teilweise in einer Zwischenkammer (15) gesammelt und über eine Leitung (40) zur Vorschaltdüse (7) zurückgeführt.

Der nicht abgeführte Rest des Prozeß-Wasserdampfes wird nach einer dritten Engstelle (16) in einer dritten Expansionsdüse (17) auf Umgebungsdruck entspannt und über eine Nachschaltkammer (18) abgesaugt.

Die Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) wird durch einen Heizmantel (19) mindestens auf der für die Wärmebehandlung notwendige Verfahrenstemperatur gehalten, damit jede Kondensation des Dampfes an den Wänden der Behandlungsvorrichtung ausgeschlossen werden kann.

Fig. 5 zeigt zur Erläuterung der thermodynamischen Vorgänge innerhalb der erfindungsgemäßen Vorrichtung einen Ausschnitt aus dem h-s-Diagramm des Wasserdampfes, in dem ein Beispiel der Zustandsänderungen des Prozeß-Wasserdampfes eingetragen ist, die dieser auf seinem Weg von der ersten Engstelle (11) durch

den Behandlungskanal (12), die zweite Engstelle (13), bis an das Ende der zweiten Laval-Düse (14) durchläuft:

Der Prozeß-Wasserdampf tritt mit einem Druck (22) von beispielsweise 15 bar in die erste Engstelle (11) ein. Die weiteren Zustandsgrößen sind durch die Lage des Punktes (23) im Diagramm definiert. In der ersten Laval-Düse entspannt sich der Dampf bis auf den Druck (24), von beispielsweise 2,6 bar bis auf einen Zustand, dessen weitere Größen durch Punkt (25) definiert sind. Dabei wird er auf eine Überschallgeschwindigkeit von etwa 1,5 Mach beschleunigt. Seine Enthalpie sinkt dabei vom Niveau (26) auf das Niveau (27). Gleichzeitig nimmt die Entropie um den Betrag zwischen den Werten (28) und (29) zu. Am Ende der ersten Laval-Düse stellt sich ein senkrechter, stabiler Verdichtungsstoß ein, an dessen Front sich eine Strecke anschließt, in der ein erhöhter Druck herrscht und die bis zur zweiten Engstelle (13) reicht. In der Stoßfront schnellte der Druck auf das Niveau (30) von beispielsweise 7 bar und 165°C hinauf, wobei ein Teil der kinetischen Energie wieder in Enthalpie des Wertes (31) zurückverwandelt wird und die Entropie auf den Wert (32) ansteigt. Die Gesamtenergie bleibt vor und hinter der Stoßfront konstant.

Liegt der Dampfzustand (33) nach der Stoßfront auf oder unterhalb der Sättigungslinie (34), so kondensiert ein Teil des Prozeß-Wasserdampfes auf der Oberfläche der Elementarfäden des Filamentgarns, welches zusammen mit dem Dampf durch die Engstellen (11) und (13) geführt wird, bis dieses auf die Temperatur des Prozeß-Wasserdampfes im Zustand (35), der sich während des Kondensationsvorgangs einstellt, aufgeheizt ist. Dabei geht die Enthalpie auf das Garn über, so daß sich der Dampfzustand entlang der Linie konstanten Drucks (30), bei konstanter Temperatur, auf das Enthalpie-Niveau des Punktes (35) verschiebt.

Um das Garn aufzuheizen, ist es erforderlich, daß der Abstand zwischen den Engstellen (11) und (13) und damit die Länge des Behandlungskanals (12) ausreichend groß ist. In einer zweiten Laval-Düse (17), die an die zweite Engstelle (13) anschließt, wird der Dampf in den Zustand (36) auf das Druckniveau (37) von beispielsweise 3 bar entspannt.

Nach Bosnjakovic, F.; Knoche, K. F.; Techn. Thermodynamik, Teil 1, 7. Auflage, 1988, Steinkopf, ergibt sich der Dampfzustand hinter der Stoßfront, in (33), wenn man im h-s-Diagramm des Wasserdampfes, vom Dampfzustand vor der Stoßfront, im Punkt (25), ausgehend die "Fanno Linie" (38), als Funktion, in deren jedem Punkt der Wert des Strömungsquerschnitts und die Enthalpie des "Ruhezustands" des strömenden Wasserdampfes konstant sind, sowie die "Raleigh-Linie" (39), als Funktion, in deren jedem Punkt sowohl den Wert des Strömungsquerschnitts, wie auch die Summe aus dem jeweiligen Druck und dem Quotienten aus zugehörigem Volumen und dem Quadrat des Strömungsquerschnitts aufträgt.

Beide Linien schneiden sich ein zweites Mal und geben mit ihrem zweiten Schnittpunkt (33) den Dampfzustand hinter der Stoßfront an.

Die beheizte Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) besteht im wesentlichen aus einer Vorschaltdüse (7) mit einer Ableitung (8) für die mitgerissene Luft, einer Zuleitung (9) für den Prozeß-Wasserdampf, einer Injektordüse (10), einem Behandlungskanal (12), der keine eintritts- und austrittsseitigen Abdichtungen, jedoch mindestens zwei, bevorzugt drei Engstellen (11), (13), (16) mit jeweils anschließenden Erweiterungen (41, 14, 17) aufweist und einer Nachschaltkammer (18).

In vorteilhaften Ausführungen ist wenigstens eines der Elemente: die Vorschaltdüse (7), die Injektordüse (10), der Behandlungskanal (12), die konischen Engstellen (11), (13), (16) oder die konischen Erweiterungen (41), (14), (17) rotationssymmetrisch um die Achse des durchgeführten Filamentgarnes (6) aufgebaut oder asymmetrisch gestaltet ist.

In vorteilhaften Ausführungen weist weiterhin wenigstens eines der Elemente: die Vorschaltdüse (7), die Injektordüse (10), der Behandlungskanal (12), die konischen Engstellen (11), (13), (16) oder die konischen Erweiterungen (41), (14), (17) einen polygonförmigen Querschnitt auf.

Gemäß einer zusätzlichen vorteilhaften Ausführungsform umfaßt die Vorrichtung für die Zuführung des vorkonditionierten Prozeß-Wasserdampfes eine einseitig angeordnete Zuleitung (9).

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann zudem im Schnitt der Fadenachse geteilt und aufklappbar oder durch eine parallel zur Längsachse verlaufende Teilfuge zugänglich gestaltet sein.

Der wesentliche Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht in niedrigen Investitionskosten, da diese konstruktiv relativ einfach gestaltet werden kann, zumal sie keine beweglichen Teile enthält.

Die erfindungsgemäße Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) erfüllt im wesentlichen die folgenden Funktionen:

- a) in der Vorschaltdüse (7) wird die die Elementarfäden des Filamentgarnes (6) umgebende Luftgrenzschicht durch Anblasung mit niedrig gespanntem Wasserdampf, welcher vorteilhafterweise ein aus dem Behandlungskanal (12) rückgeführter Teilstrom des Prozeß-Wasserdampfes ist, durch eine Grenzschicht aus Wasserdampf ersetzt,
- b) durch die Injektordüse (10) wird das Filamentgarn (6) in das Innere der Behandlungsvorrichtung (5) eingesaugt,
- c) und durch den injizierten vorkonditionierten Prozeß-Wasserdampf angetrieben, wodurch die Abzugsspannung reduziert wird,
- d) wonach der Prozeß-Wasserdampf die Engstellen (11), (13), (16) des Behandlungskanals (12) und die ihnen jeweils folgenden Expansionsdüsen (41), (14), (17) passiert,
 - wobei sich der Prozeß-Wasserdampf in der ersten Engstelle (11) folgenden Expansionsdüse (14) auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt, und
 - wobei sich zwischen der Expansionsdüse (14) und der zweiten Engstelle (13) ein Verdichtungsstoß mit Druckanstieg zwischen 2 und 13 bar einstellt und aufrecht erhalten wird und
 - der Prozeß-Wasserdampf infolge seiner Vorkonditionierung nahezu seinen Sättigungsdruck erreicht,
- e) Aufheizen der Elementarfäden des Filamentgarns (6) von der Eintrittstemperatur auf die Kondensationstemperatur beim Passieren des Verdichtungsstoßes durch Aufnahme der Kondensationswärme des Prozeß-Wasserdampfes,
 - wobei die Relaxation ausgelöst wird und
- f) in der zweiten und der weiteren Engstelle (11), (16) folgenden Expansionsdüsen (14), (17), entspannt sich der Prozeß-Wasserdampf schrittweise auf Umgebungsdruck und wird zusammen mit dem relaxierten Filamentgarn (6) der Nachschaltkam-

mer (18) zugeführt, welche das Filamentgarn (6) durch die Austrittsöffnung (42) austreten läßt, und wonach es einer Abzugsvorrichtung (4) zum Aufwickeln zugeführt wird.

Vorteilhaft wird durch eine Dampfableitung (21) der verbleibende Restwasserdampf zur Vorkonditionierung zurückgeführt.

In einer bevorzugten Ausführungsform ermöglicht eine Konditionierungsvorrichtung, die vorteilhaft aus Wärmetauscher und Zyklon-Dampftrockner mit Zyklon-Tropfen- und Aerosol-Abscheider besteht, den Zustand des Prozeß-Wasserdampfes vorkonditioniert so einzustellen, daß seine Überhitzungswärme die Wärmemenge kompensiert, die auf dem Weg bis zur Stoßfront verloren geht und den Prozeß-Wasserdampf in der Stoßfront seinen Sättigungszustand mindestens nahezu erreichen läßt.

Dafür beträgt der Druck des am Eintritt (9) vor der Injektordüse (10) zugegebenen vorkonditionierten Prozeß-Wasserdampfes bevorzugt zwischen 12 und 25 bar.

Die Injektordüse (10) wirkt, wie bereits beschrieben, als Dampfstrahlpumpe und saugt die Elementarfäden des Filamentgarnes (6) in den Behandlungskanal (12) mit seinen Engstellen (11), (13), (16) und der ihnen folgenden Erweiterungen (41), (14), (17) ein.

Der Behandlungskanal (12), ermöglicht das Kondensieren des Prozeßwasserdampfes auf der Oberfläche der Elementarfäden des Filamentgarnes (6), welche als Kondensationskeime wirken, und seine Kondensationswärme aufnehmen, bis sie ihre eigene Temperatur weitgehend an die Kondensationstemperatur angeglichen haben.

Die Länge des Behandlungskanals (12) ermöglicht vorteilhaft eine Verweilzeit, in der sich durch den kondensierenden Prozeß-Wasserdampf die Temperaturdifferenz zwischen den inneren und äußeren Elementarfäden des Filamentgarnes (6) an der zweiten Engstelle (13) auf weniger als 1 K einstellen kann. Generell ist die Verweilzeit im Behandlungskanal (12) der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach den Gesetzen der stationären Wärmeleitung unter Maßgabe des Wärmeleitkoeffizienten des kondensierenden Wasserdampfes, des Durchmessers und der Querschnittsform der Filamente sowie des Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten des synthetischen Polymers definiert.

Der Behandlungskanal (12), der nach der Injektordüse (10) angeordnet ist, weist mindestens zwei Engstellen (11), (13) auf, an die je eine konische Erweiterung (41), (14) anschließt, die als Expansionsdüsen nach Laval ausgeführt ist. Jede Expansionsdüse (41), (14) beschleunigt den in der ihr vorangegangenen Engstelle (11), (13) mit Schallgeschwindigkeit strömenden Prozeß-Wasserdampf auf Überschallgeschwindigkeiten im Bereich zwischen einem Wert oberhalb 1,0 und 2,0 Mach, wobei sich nach der ersten Engstelle (11) eine senkrechte stabile Verdichtungsstoßfront bis zu 13 bar, bevorzugt auf 4 bis 7 bar einstellt. Der Druck des Verdichtungsstoßes stellt sich nach den Erhaltungssätzen der Thermodynamik für Massestrom, Energie und Impuls ein. Seine Höhe ist in Abhängigkeit vom Zustand des eintretenden Prozeß-Wasserdampfes und durch die Lage der Schnittpunkt der Fanno-Linie mit der Raleigh-Linie im h-s-Diagramm des Wasserdampfes gegeben, wie unter Fig. 5 erläutert.

Nach der zweiten Engstelle (13) führt in einer bevorzugten Ausführungsform eine Leitung (40) einen Teilstrom des expandierenden, nicht kondensierenden Wasserdampfes der Vorschaltdüse (7) zum Anblasen des Fila-

mentgarns (6) zu.

Die Vorschaltdüse (7) ist in einer besonderen Ausführung als Verwirbelungsdüse ausgeführt, damit dem Filamentgarn (6) ein vorteilhafter Fadenschluß vorgegeben werden kann.

Als wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung gilt die extrem geringe Abzugsspannung des Filamentgarnes (6) mit einer Spannung von weniger als 0,15 cN/dtex, beispielsweise 0,06 cN/dtex, die sich aus einem in der Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) nicht abgebauten Restanteil der Einlaufspannung und der in der Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) erzeugten Reibungskraft zusammensetzt.

Vorteilhafterweise ist der Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) zusätzlich eine der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellte Konditionierungsvorrichtung für den Prozeß-Wasserdampf vorgeschaltet, die im wesentlichen aus einem Wärmetauscher und einem Zyklon-Dampftrockner mit Zyklon Tropfen- und Aerosol-Abscheider besteht.

Außerdem sind in vorteilhafter Weise in besonderen die konischen Erweiterungen (41), (14), (17) in Form einer Laval-Düse gestaltet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird durch die Einstellung des Heizmantels (19) der Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) welche als Hohlraum für die Aufnahme eines Heizmediums gestaltet ist, auf die Sättigungstemperatur des Prozeß-Wasserdampfes vermieden, daß der Dampf an den Innenwänden des Behandlungskanals (12), den Engstellen (11), (13), (16) den ihnen folgenden Expansionsdüsen (41), (14), (17) oder Düsen oder der Nachschaltkammer (18) in prozeßstörender Weise kondensiert, so daß die Kondensation nur auf der Oberfläche der Elementarfäden des aufzuheizenden Filamentgarnes (6) stattfindet.

Die Erfindung schließt auch die Verwendung der Vorrichtung zur relaxierenden Wärmebehandlung von Filamentgarnen gemäß den Ansprüchen 1 bis 10 zur Herstellung von relaxierten Filamentgarnen aus synthetischen Polymeren ein.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur relaxierenden Wärmebehandlung (5) von Filamentgarnen (6) aus synthetischen Polymeren bestehend, welche im wesentlichen aus einer Vorschaltkammer (7) mit einem Leitungsanschluß (8) zur Ableitung der von dem eintretenden Filamentgarn mitgerissenen Luft, einer mit einer Zuleitung (9) für den Prozeß-Wasserdampf kombinierten Injektordüse (10), einem Behandlungskanal (12), welcher mindestens zwei, durch Kanalabschnitte getrennte Engstellen (11, 13) mit anschließenden konischen Erweiterungen (41, 14) aufweist und ohne eintritts- und austrittsseitige Abdichtungen ausgebildet ist, wahlweise einer Zwischenkammer (15) von der aus eine Dampfdruckführungs-Leitung (40) zu einer Vorschaltdüse (7) führt, einer Nachschaltkammer (18), einem Heizmantel (19) und einer Dampfableitung (21) aus der Nachschaltkammer (18).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

wenigstens eines der nachfolgenden Elemente

- Vorschaltdüse (7), Injektordüse (10), Behandlungskanal (12)
- konische Engstellen (11), (13), (16)
- konische Erweiterungen (41), (14), (17)

rotationssymmetrisch um die Achse des durchgeführten Filamentgarnes (6) aufgebaut ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2

dadurch gekennzeichnet, daß

wenigstens eines der nachfolgenden Elemente

- Vorschaltdüse (7), Injektordüse (10), Behandlungskanal (12)
- konische Engstellen (11), (13), (16)
- konische Erweiterungen (41), (14), (17)

asymmetrisch gestaltet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß

wenigstens eines der nachfolgenden Elemente

- Vorschaltdüse (7), Injektordüse (10), Behandlungskanal (12)
- konische Engstellen (11), (13), (16)
- konische Erweiterungen (41), (14), (17)

einen polygonförmigen Querschnitt aufweist.

5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuleitung (9) für den vorkonditionierten Prozeß-Wasserdampf einseitig angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Heizmantel (19) als Hohlraum für ein Heizmedium, vorzugsweise Dampf, ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) im Schnitt der Fadenachse geteilt und aufklappbar ausgeführt ist.

8. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) durch eine parallel zur Längsachse verlaufende Teilfuge zugänglich gestaltet ist.

9. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmebehandlungs-Vorrichtung (5) zusätzlich eine Konditioniervorrichtung für den Prozeß-Wasserdampf vorgeschaltet ist, die im wesentlichen aus Wärmeaustauscher und Zyklon-Dampftrockner mit Zyklon Tropfen- und Aerosol-Abscheider besteht.

10. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die konischen Erweiterungen (41), (14), (17) Laval-Düsen sind.

11. Verwendung der Vorrichtung nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche zur Herstellung von relaxierten synthetischen Filamentgarnen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

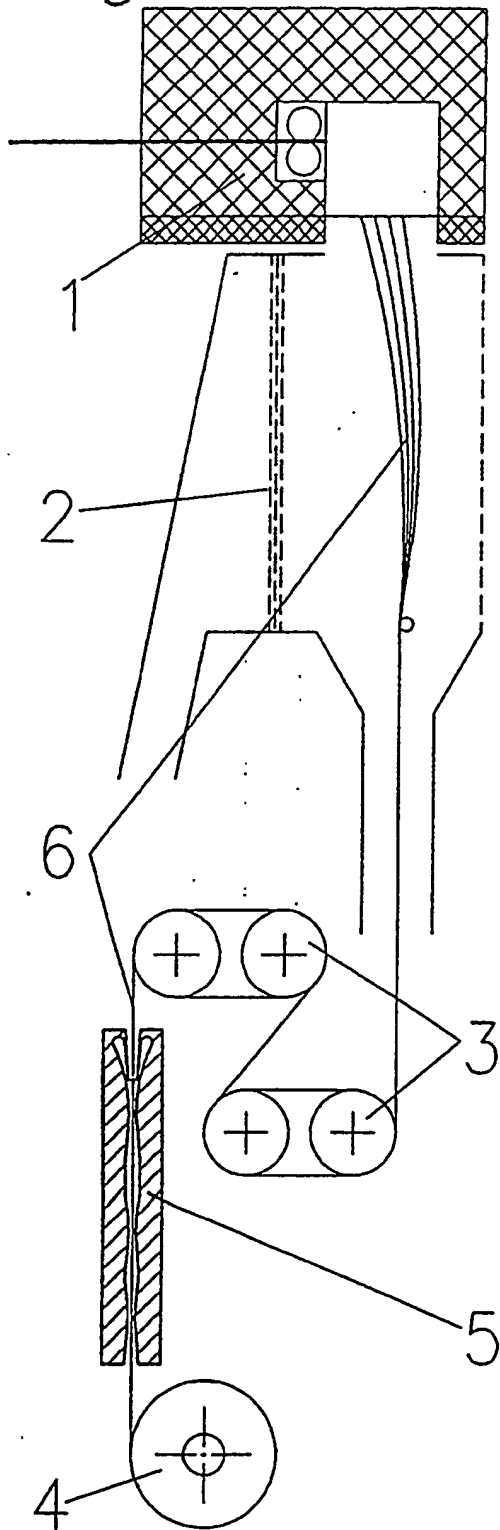


Fig. 2

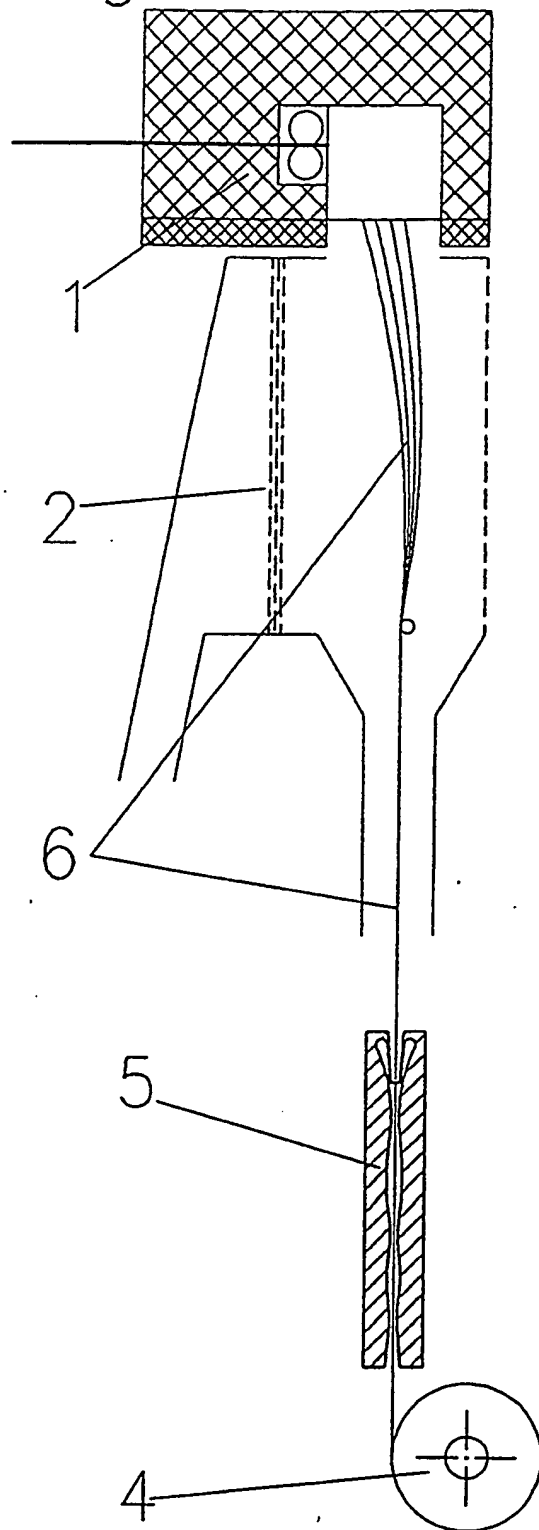


Fig. 3

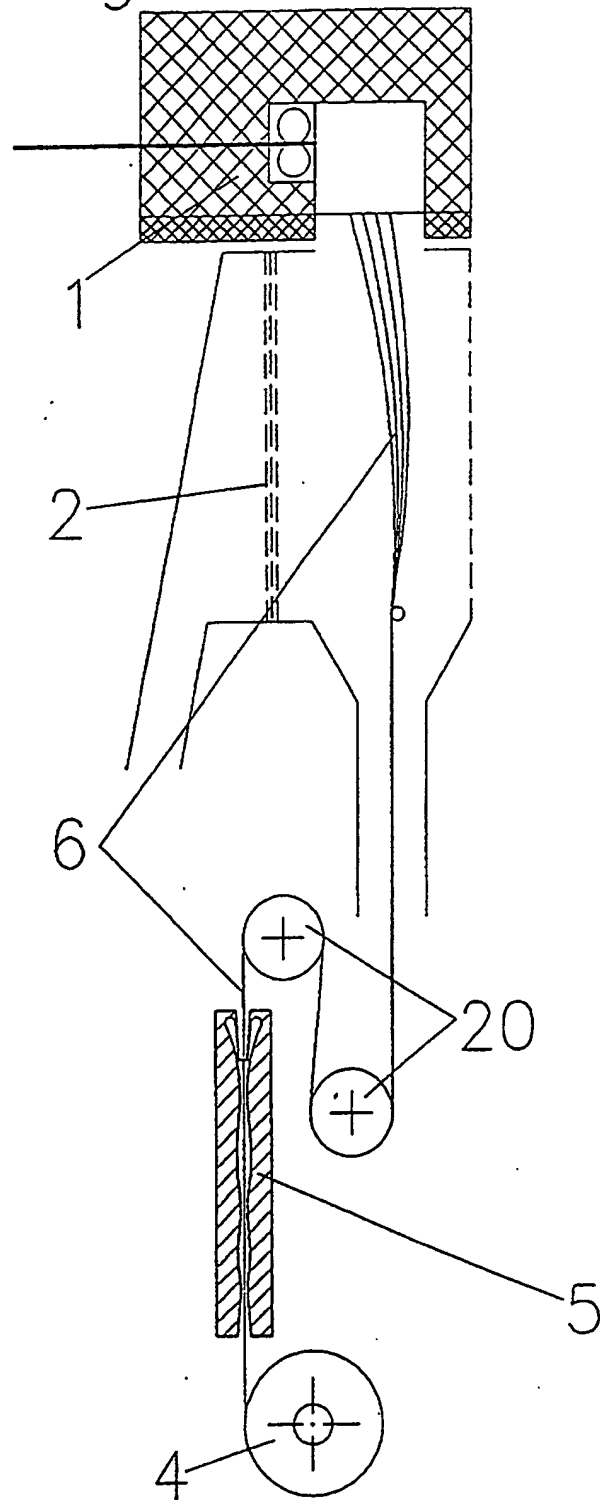


Fig. 4

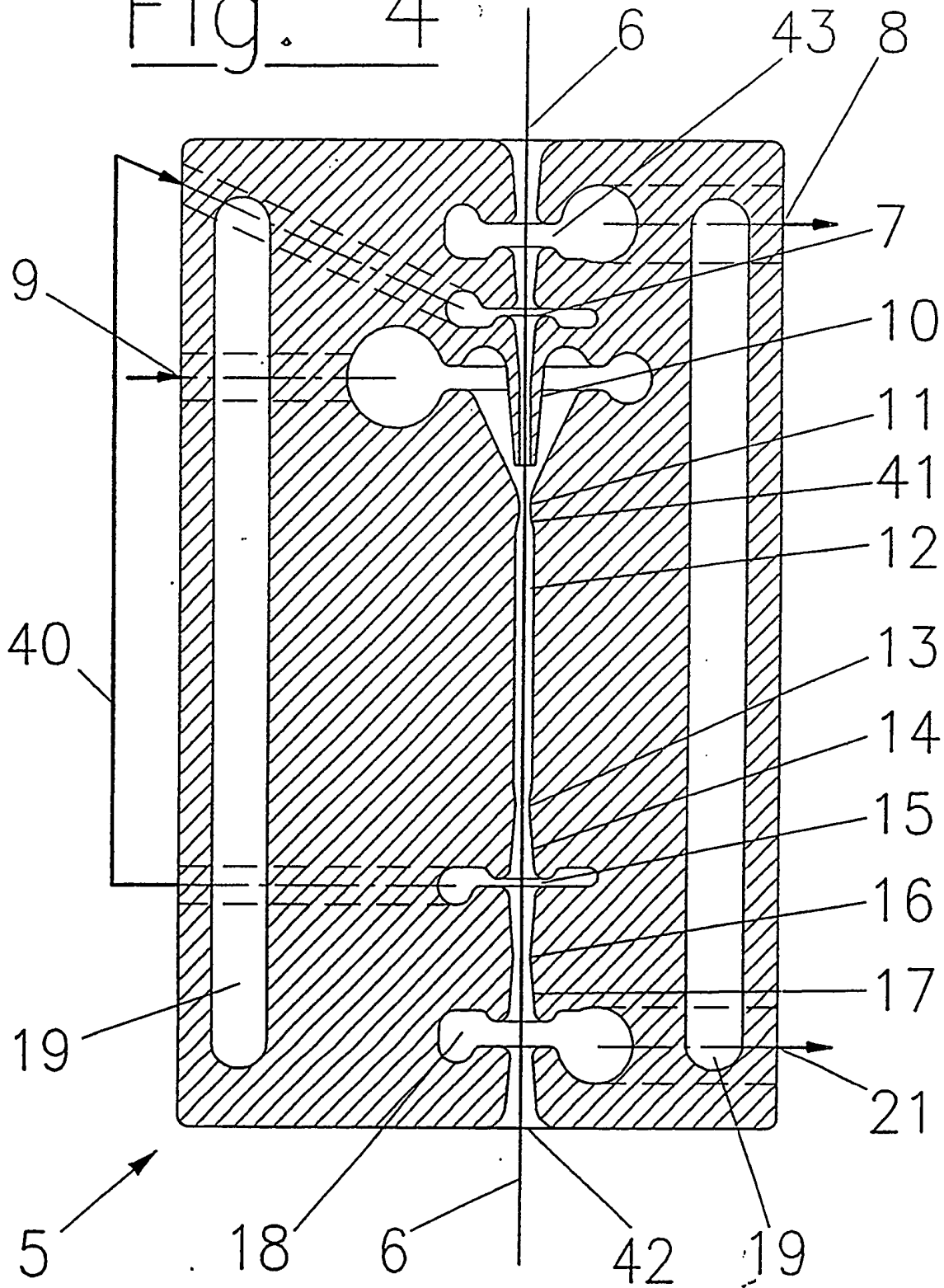


Fig. 5

